



## PROCEDE ET DISPOSITIF DE DECOUPE LASER

Patent number: FR2743318  
Publication date: 1997-07-11  
Inventor: PACARY GERARD  
Applicant: LITECH SARL (FR)  
Classification:  
- international: B23K26/12; B23K26/14; B23K103/04  
- european: B23K26/14D; B23K26/38B  
Application number: FR19960000177 19960104  
Priority number(s): FR19960000177 19960104

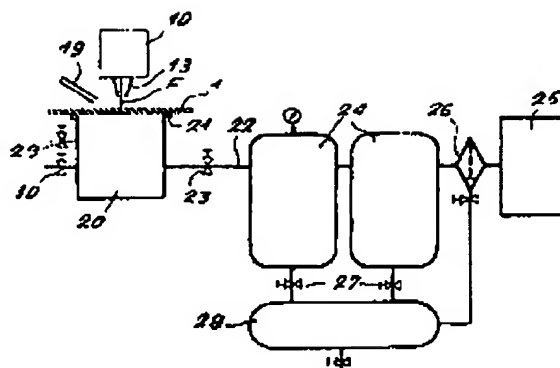
Also published as:

 WO9725178 (A1)  
 EP0874712 (A1)

Report a data error here

### Abstract of FR2743318

A laser cutting method using a cutting head (10) comprising a laser beam source (F) such as a carbon dioxide laser, and an oxygen feed nozzle (13). To cut thick products (1), e.g. made of a ceramic or iron-carbon alloy, a cooling fluid (19) such as water is delivered onto the surface of the product to be cut on the cutting head side thereof and a negative pressure of at least 0.25 bars relative to the pressure on the cutting head side is generated on the other side of said product. The negative pressure is generated, e.g., by means of a pressure-regulated suction chamber (20) in sealing engagement with the product surface. The method is useful for laser cutting thick products such as steel sheets having a thickness of 10-30 mm.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

Best Available Copy

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication : **2 743 318**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **96 00177**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : B 23 K 26/12, B 23 K 26/14 //B 23 K 103:04

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 04.01.96.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 11.07.97 Bulletin 97/28.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : LITECH SARL SOCIETE A  
RESPONSABILITE LIMITEE — FR.

⑦2 Inventeur(s) : PACARY GERARD.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : CABINET BALLOT SCHMIT.

⑤4 PROCÉDE ET DISPOSITIF DE DECOUPE LASER.

⑤7 Le procédé de découpe laser utilise une tête de découpe comportant une source de rayon laser, par exemple un laser à CO<sub>2</sub>, et une buse d'apport d'oxygène. En vue d'effectuer des découpes dans des produits épais, par exemple en alliage fer-carbone ou céramique, on apporte sur la surface du produit à découper située du côté de la tête de découpe un fluide de refroidissement tel que de l'eau, et on génère de l'autre côté du produit une dépression, par rapport à la pression existante du côté de la tête de découpe, supérieure ou égale à 0,25 bar.

Cette dépression est créée par exemple par un caisson d'aspiration, dans lequel la dépression est régulée, appliqué de manière étanche contre la surface du produit.

Application à la découpe laser dans des produits épais, tels que des tôles d'acier d'épaisseur de 10 à 30 mm.

FR 2 743 318 - A1



PROCEDE ET DISPOSITIF DE DECOUPE LASER

La présente invention concerne la technique de découpe par faisceau laser de pièces dans des tôles ou similaires, d'épaisseur relativement importante, en  
5 alliage fer-carbone (acier ou fonte), ou en d'autres matériaux tels que des céramiques.

On connaît déjà de nombreux procédés de découpe par énergie thermique utilisant un apport d'oxygène pour mettre en oeuvre une réaction exothermique d'oxydation du  
10 fer, notamment les procédés connus de longue date de découpe oxy-acétylénique ou similaire, de découpe à l'arc électrique et, plus récemment, de découpe par faisceau laser, plasma, etc, permettant d'obtenir des densités d'énergie importantes au point de découpe. Les  
15 performances de ces procédés dépendent de la nature et de la densité de la source d'énergie, et des conditions d'apport de l'oxygène (type et diamètre de la buse d'amenée du gaz, pression et débit du gaz).

On notera qu'il s'agit ici de procédés utilisant  
20 tous un apport d'oxygène comme agent générateur d'une énergie complémentaire à celle fournie, par exemple dans le cas de la découpe laser, par le rayonnement laser lui-même. Cette énergie complémentaire, résultant de la réaction exothermique provoquée par l'oxygène apportée,  
25 est, dans le domaine visé par l'invention, nécessaire pour assurer la découpe souhaitée dans des produits de forte épaisseur. Sont donc exclus du domaine visé par l'invention les procédés ne mettant pas en oeuvre la dite réaction exothermique, tels que par exemple les procédés  
30 de découpe laser avec apport d'azote, utilisés par exemple pour la découpe dans les aciers inoxydables.

On connaît déjà, notamment dans des procédés de découpe laser de tôles, l'utilisation de moyens d'aspiration placés du côté de la tôle opposé à la tête  
35 de découpe. Ces moyens sont destinés à évacuer les gaz

résultant de la découpe ainsi que les scories formées lors de celle-ci.

Les procédés connus, avec apport d'oxygène, évoqués ci-dessus ne sont toutefois pas utilisables en pratique  
5 dès lors que la découpe impose un maintien prolongé de la source d'énergie dans une même zone de la pièce à couper.

C'est notamment le cas des découpes effectuées dans des produits d'épaisseur importante, tels que par exemple des tôles d'acier d'épaisseur approchant les 10 mm ou  
10 supérieure à 10 mm, et pour la découpe dans de telles tôles de pièces à angles vifs, ou le perçage de trous de petits diamètres ou de faible section, ayant par exemple typiquement une dimension transversale inférieure ou égale à l'épaisseur de la dite tôle. En effet, dans de  
15 tels cas, il se produit au niveau du trait de coupe, et dans l'épaisseur de la tôle, une concentration d'énergie qui chauffe excessivement la matière, produit un excès de fusion de celle-ci rédhibitoire pour l'obtention d'une découpe fine et régulière, ou au minimum détruit les  
20 caractéristiques mécaniques des matériaux au voisinage du trait de coupe.

Des problèmes similaires apparaissent lorsque l'énergie accumulée par la pièce à couper ne peut pas s'évacuer suffisamment par conductibilité thermique.  
25 C'est notamment le cas lors d'une découpe proche d'un bord de la tôle, de découpes dans une telle tôle de pièces dont les bords sont très proches d'une pièce à l'autre (cas typique lors de la recherche d'optimisation de la répartition des pièces à découper dans une tôle pour réduire les chutes de métal), et d'une manière  
30 générale, lorsque deux traits de coupe sont très rapprochés.

Un autre problème résulte spécifiquement de l'épaisseur de la pièce à couper. Plus l'épaisseur de la  
35 pièce augmente, plus la largeur de la saignée de coupe doit augmenter pour faciliter la formation du front de

coupe et l'évacuation des scories générées par la découpe. Il devient donc quasiment impossible de réaliser des trous de petits diamètre dans des tôles d'épaisseur supérieure au diamètre du trou. Dans un tel cas, outre le problème spécifique de la largeur nécessaire de la saignée, les procédés connus de découpe laser conduisent, du fait de l'excès d'énergie apporté au voisinage de la coupe, à un évasement du trait de coupe vers la face opposée à la tête de découpe. Cet évasement est dû, non pas à l'effet du rayonnement laser en lui-même, mais à la propagation, vers la dite face opposée, de la réaction exothermique initiée dans l'épaisseur de la tôle et qui, du fait de l'autocombustion du fer qui en résulte et de la cinétique de l'oxygène apporté, affecte une zone allant en s'élargissant dans la direction du jet de gaz.

Il est donc impossible, avec la technique de découpe laser connue, de réaliser des coupes fines et régulières, en maîtrisant l'état de surface et la géométrie des flancs du trait de coupe, dès lors que l'épaisseur de la tôle est importante et que les pièces découpées sont de petites dimensions ou que les traits de coupe sont très rapprochés.

L'invention a pour but de résoudre les problèmes indiqués ci-dessus.

Avec ces objectifs en vue, l'invention a pour objet un procédé de découpe laser utilisant une tête de découpe comportant une source de rayon laser et une buse d'apport d'oxygène, caractérisé en ce que, en vue d'effectuer des coupes dans des produits épais en alliage fer-carbone ou céramique, on apporte sur la surface du produit à découper située du côté de la tête de découpe un fluide de refroidissement et on génère de l'autre côté du produit une dépression, par rapport à la pression existante du côté de la tête de découpe, supérieure ou égale à 0.25 bars.

Préférentiellement, pour un produit d'épaisseur

supérieure à 10 mm, la dépression est supérieure ou égale à  $0,01 \times e + 0,15$  où  $e$  est l'épaisseur du produit en mm.

L'apport d'un fluide de refroidissement du côté où le rayon laser agit directement sur le produit à découper, combiné avec l'aspiration provoquée par la dépression exercée de l'autre côté du produit, crée dans la saignée réalisée, et notamment à l'arrière du point d'application du faisceau laser, une circulation de fluide à une vitesse et un débit tel qu'il en résulte un refroidissement très efficace de la pièce découpée, directement au niveau du trait de coupe et sur toute la hauteur de celui-ci.

Le fluide de refroidissement peut être de manière générale un fluide quelconque, à basse température. Préférentiellement on utilisera un liquide, possédant de meilleures capacités d'échange thermique qu'un gaz, tel que de l'eau, ou une solution ou une émulsion aqueuse, telle que par exemple une émulsion huile-eau de type classiquement utilisé dans l'usinage des métaux par outil de coupe.

Il est important de noter que l'aspiration réalisée du côté opposé à la tête de découpe dans certains procédés de découpe laser connus a pour but d'évacuer les scories formées lors de la découpe ainsi que les gaz apportés ou générés par la découpe, mais, même si cette aspiration provoque implicitement une certaine circulation de gaz dans le trait de coupe, les dépressions utilisées ne sont pas suffisantes pour provoquer le refroidissement suffisant du matériau, sur les deux flancs du trait de coupe, typique de la présente invention.

Le laser utilisé est un laser à gaz, continu ou pulsé, de type classique tel qu'un laser à  $\text{CO}_2$  ou CO. Un tel laser permet d'obtenir une densité de puissance de l'ordre de  $1\ 000\ \text{KW/cm}^2$  au point de focalisation du faisceau laser et, dans des applications de découpe,

celle-ci est assistée, de manière connue, par un apport d'oxygène, sous une pression relativement faible (de l'ordre de 1 bar), amené par une buse dans l'orifice de laquelle passe le rayon laser. Cet apport d'oxygène est nécessaire pour provoquer l'oxycoupage. Compte tenu des fortes épaisseurs à découper, le dispositif de focalisation du laser sera réglé pour obtenir une distance focale longue, de l'ordre de 250 à 350 mm.

On notera que l'effet d'évasement du trait de coupe évoqué précédemment n'est pas tant dû à la géométrie propre du faisceau laser qu'à l'échauffement excessif du matériau provoqué par l'apport d'oxygène. Pour illustrer ce phénomène, on a représenté à titre d'exemple à la figure 1, en coupe, la zone du trait de coupe dans une tôle 1, obtenue par un procédé de découpe laser classique d'une tôle d'acier d'épaisseur de 10 mm, la saignée ayant une largeur d'environ 0.3 mm. Les zones ombrées 11, qui délimiteraient les flancs parallèles du trait de coupe idéal, ont en fait disparu par fusion sous l'effet de l'apport énergétique du flux d'oxygène (flèche 12) apporté par la buse 13 de la tête de découpe. On notera que ces zones sont d'autant plus importantes lorsque le matériau est moins conducteur thermiquement, ou qu'il est déjà fortement échauffé par une découpe effectuée préalablement à proximité, puisque la dissipation par conductivité de l'énergie thermique apportée est alors gênée. On notera aussi que l'évasement du trait de coupe est d'autant plus important que la tôle est épaisse, ce qui a en pratique limité jusqu'à présent l'utilisation de la découpe laser à des tôles d'acier d'épaisseur inférieure à environ 10 mm. De 10 à 20 mm, la géométrie du trait de coupe est de mauvaise qualité, limitant la réalisation des pièces découpées à des formes simples. Au delà de 20 mm, la découpe est impossible du fait d'un élargissement de la zone affectée thermiquement, élargissement tel que le métal fondu ne peut plus être

évacué pour réaliser une découpe effective.

On notera encore sur la figure 1 la présence de bavures de coupage 14, d'une dimension de l'ordre de 0.3 mm, résultant de la resolidification sur la face inférieure plus froide d'une partie du métal fondu provenant de la saignée.

Pour améliorer la géométrie du trait de coupe, et notamment éviter ces bavures, il a déjà été évoqué de diriger un jet de fluide refroidissant vers la saignée, de chaque côté de celle-ci, sensiblement tangentielllement à la surface inférieure de la tôle. La mise en oeuvre d'un tel procédé permet certes de réduire la largeur de l'évasement, mais s'avère notablement insuffisante dès lors que la tôle est épaisse pour éviter les effets néfastes de l'énergie excédentaire au niveau du trait de coupe, dans l'épaisseur du matériau. Le dessin de la figure 2 illustre ce qui se passerait sur les flancs du trait de coupe, en supposant que le refroidissement de la face inférieure de la tôle puisse être suffisant pour éviter l'évasement du trait de coupe. On y voit de chaque côté du trait de coupe et dans l'épaisseur de la tôle, les zones 16 affectées thermiquement dont l'importance, au niveau de la zone médiane dans l'épaisseur de la tôle, résulte de la concentration dans cette zone de l'énergie de découpe. D'une part, cette concentration de chaleur peut provoquer un échauffement important de la tôle au voisinage du trait de coupe, gênant pour la réalisation d'autres découpes à proximité. D'autre part le métal de ces zones peut être fondu et entraîné par l'écoulement de l'oxygène apporté, provoquant un creusement des flancs de la saignée, ou risquant même de réobturer celle-ci du côté de la face inférieure en s'y resolidifiant. D'autre part encore, et de manière certaine, les caractéristiques mécaniques des zones affectées thermiquement sont détériorées (fragilisation du bord des pièces découpées, diminution de leur résistance à l'usure, etc).



Le procédé selon l'invention permet, grâce à l'apport de fluide de refroidissement sur la face supérieure de la tôle, du côté de la tête de découpe, et à la circulation forcée de ce fluide dans le trait de coupe, sous l'effet de la dépression créée de l'autre côté de la tôle, de refroidir efficacement les flancs de la saignée sur toute l'épaisseur de la tôle, et donc de limiter l'étendue de la zone affectée thermiquement.

De plus, la forte dépression créée entre les deux faces de la tôle permet une meilleure évacuation des scories hors de la saignée que dans les procédés selon l'art antérieur. Cet effet d'entraînement des scories est favorablement influencé par l'énergie cinétique des molécules de fluide passant dans la saignée, énergie qui est d'autant plus élevée que la dépression, et donc la vitesse du fluide, est grande, l'énergie cinétique étant également accrue lorsque le fluide de refroidissement est un liquide.

Le procédé selon l'invention permet, par l'effet refroidissant du fluide circulant dans la saignée, de maintenir le produit découpé à basse température (par exemple aux environs de 70 à 80°) et, en combinaison avec une évacuation efficace des scories, permet de stabiliser le front de coupe, même dans le cas d'une saignée de faible largeur, inférieure à 1 mm et typiquement de l'ordre de 0.3 mm, lors de découpe dans une tôle de forte épaisseur, par exemple d'environ 20 mm.

Il permet de conserver pratiquement constante la largeur de la saignée sur toute l'épaisseur de la tôle, et permet en conséquence la réalisation de trous de faible section, de dimension notablement inférieure à l'épaisseur de la tôle, par exemple la réalisation dans une tôle d'épaisseur 20 mm de trous oblongs de longueur 10 mm et de largeur 2 mm, de trous circulaires de 5 mm de diamètre, de trous ayant une section en forme de goutte d'eau ou ovoïde de longueur 18 mm et de largeur variant

sur la longueur de 3 à 5 mm, ou encore de trous carrés de 3 mm de côté.

L'échauffement de la tôle à proximité des découpes étant faible, le procédé selon l'invention permet la  
5 réalisation successive sans délai de traits de coupes très proches l'un de l'autre, la réalisation de trous ou évidements proches du bord de la tôle, et la réalisation de pièces à angles vifs, toutes ces découpes étant irréalisables dans des produits épais par les procédés de  
10 découpe selon l'art antérieur.

Par la réduction de l'étendue de la zone affectée thermiquement, le procédé selon l'invention diminue le risque de fragilisation de l'acier par l'hydrogène en empêchant la formation d'une zone d'austénisation  
15 susceptible d'absorber l'hydrogène.

En limitant l'échauffement global de la tôle découpée, il réduit fortement les contraintes résiduelles après découpe et favorise le maintien de la planéité des tôles ou pièces découpées dans ces tôles.

20 En permettant l'obtention d'une géométrie précise du trait de coupe, il autorise l'inclinaison de la tête de découpe par rapport à la surface de la pièce découpée et permet ainsi la réalisation de coupes en chanfrein, sur un contour fermé ou non, en garantissant le respect  
25 de la géométrie recherchée.

La réduction de la zone affectée thermiquement permet la découpe dans des alliages ayant déjà subi un traitement thermique (par exemple des aciers à dureté élevée, trempés et revenus) sans altérer les  
30 caractéristiques mécaniques, notamment la dureté, des pièces ainsi découpées.

En conséquence des différents avantages évoqués ci-dessus, le procédé selon l'invention est par exemple particulièrement adapté à la fabrication de tôles  
35 perforées et de grilles de criblage de forte épaisseur (de l'ordre de 10 à 30 mm) en acier à haute résistance

mécanique trempé et revenu, dans lesquelles sont réalisés de nombreux orifices de faible section, avec ou sans dépouille, et proches les uns des autres.

L'invention a aussi pour objet un dispositif de découpe laser particulièrement adapté pour la mise en oeuvre du procédé mentionné préalablement. Ce dispositif est caractérisé en ce qu'il comporte :

- une tête de découpe comportant une source de rayon laser et une buse d'apport d'oxygène,
- un conduit d'amenée d'un fluide de refroidissement sur la surface du produit à découper, débouchant à côté de la tête de découpe,
- un caisson d'aspiration relié à un groupe d'aspiration et comportant une ouverture située en face de la tête de découpe et pourvue à sa périphérie d'un joint d'étanchéité destiné à être placé contre la surface du produit à découper opposée à la tête de découpe,
- des moyens de régulation de la dépression générée dans le dit caisson par le dit groupe d'aspiration pour maintenir la dite dépression à une valeur inférieure ou égale à 0.25 bars.

Préférentiellement, les moyens de régulation de la dépression comportent une vanne de décharge raccordée sur le caisson, pour mettre l'intérieur du caisson en communication avec l'atmosphère ambiante et des moyens de régulation de l'ouverture de la dite vanne de décharge en fonction de la section ouverte des orifices ou traits de coupe réalisés par la découpe dans le produit.

Ce système de régulation présente l'avantage de pouvoir laisser fonctionner le groupe d'aspiration à son rendement optimal en permanence, en compensant l'augmentation de débit de fluide passant par les traits de coupes ou orifices déjà réalisés dans la tôle par une réduction du débit passant par la vanne de décharge. Un autre avantage est que la vanne de décharge permet, même en début de coupe, de laisser entrer dans le caisson une

quantité d'air ambiant propre à assurer dans le circuit d'aspiration une concentration d'oxygène inférieure au taux susceptible de provoquer l'inflammation du mélange gazeux aspirés par le groupe de pompage.

5 D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront dans la description qui va être faite à titre d'exemple d'une installation de découpe laser conforme à l'invention, et de son utilisation pour réaliser des découpes dans une tôle en acier épaisse.

10 On se reportera aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 et 2 illustrent les problèmes rencontrés lors de la découpe laser selon la technique antérieure, déjà expliqués précédemment,

- la figure 3 est une représentation schématique de 15 l'installation de découpe laser conforme à l'invention,

- la figure 4 est une représentation simplifiée d'un système de masque destiné à obturer les saignées ou orifices déjà réalisés, pour limiter la section d'aspiration du fluide de refroidissement,

- 20 - la figure 5 est un graphique illustrant le domaine d'application du procédé, limité par une courbe indiquant, en fonction de l'épaisseur de la tôle à découper, la valeur de la pression absolue à maintenir sous la tôle, lorsque la pression au dessus de la tôle du 25 côté de la tête de découpe est la pression atmosphérique.

L'installation de découpe laser représentée figure 3, pour la découpe dans une tôle d'acier 1, comporte une tête de découpe laser 10 de type connu en soi. Cette tête de découpe schématisée sur le dessin, comporte une buse d'injection d'oxygène 13 de diamètre 2 mm, alimentée sous 30 une pression relative de 1 bar, au centre de laquelle passe le faisceau laser F. Ce faisceau est généré par un laser à gaz continu, par exemple un laser à CO<sub>2</sub>, ayant une puissance de 2 à 3 KW, et une distance focale réglée 35 à 250 mm.

Sous la tête de découpe 10, est disposé un caisson

d'aspiration 20 ouvert vers le haut et portant à la périphérie de son ouverture un joint 21. Lors de la découpe, le caisson 20 est appliqué contre la face inférieure de la tôle, le joint 21 assurant l'étanchéité entre celle-ci et le caisson. Pour des coupes localisées de petites dimensions inférieures à celles de l'ouverture du caisson, la tôle 1 et le caisson peuvent être fixes, et la tête de découpe est alors déplacée en suivant le tracé des coupes à réaliser. Pour des coupes sur des zones de plus grandes dimensions, la tête de découpe et le caisson peuvent être fixes, et c'est alors la tôle qui est déplacée tout en restant maintenue au contact du joint d'étanchéité. Pour des coupes dans des tôles épaisses et de grandes dimensions, par exemple 2 mm x 6 mm, on préférera garder la tôle fixe reposant sur des supports adéquats, et on déplacera alors simultanément la tête de découpe et le caisson, parallèlement au plan de la tôle. Une conduite 19 d'amenée d'un fluide de refroidissement tel que de l'eau débouche au dessus de la tôle à découper, à côté de la tête de découpe, le débit d'eau étant suffisant pour que l'eau recouvre la surface de la tôle dans une zone suffisamment étendue autour du faisceau laser.

Le caisson 20 est relié par une conduite d'aspiration 22, munie d'une vanne d'isolement 23, à un ensemble de cuve d'accumulation 24, relié lui-même à un groupe d'aspiration 25, via un filtre 26 séparateur d'impuretés et de liquides. Ce groupe est équipé d'une pompe aspirante ayant un débit important, par exemple de 500 à 700 m<sup>3</sup>/h, et permettant d'obtenir une pression absolue à l'aspiration de 0.5 bars ou moins.

Ce groupe d'aspiration permet d'obtenir dans les cuves d'accumulation 24 et dans le caisson 20 une pression absolue réglable par exemple de 0.7 à 0.5 bars en fonction notamment de l'épaisseur de la tôle 1. Le grand volume des cuves d'accumulation permet d'assurer le

maintien dans celles-ci et dans le caisson 20 d'une dépression sensiblement constante malgré les variations de débit pouvant survenir lors de la découpe, et permet notamment de générer très rapidement la dépression requise dans le caisson 20 dès l'ouverture de la vanne d'isolement 23. Les cuves d'accumulation sont reliées via des vannes d'isolement 27 à une cuve de récupération des condensats 28, sur laquelle est également raccordée le filtre 26.

10 Le caisson 20 est également relié par une vanne 29 à un dispositif, non représenté, permettant d'injecter dans le caisson un fluide de refroidissement, par exemple un brouillard d'eau, qui sert au refroidissement de la face inférieure de la tôle, du caisson 20, et des gaz  
15 résultants de l'opération de découpe.

Une autre vanne 30 met en communication le caisson 20 avec l'atmosphère ambiante, et permet l'entrée de l'air ambiant dans le caisson sous l'effet de la dépression qui y est générée par le groupe d'aspiration.  
20 L'ouverture de cette vanne, et donc le débit d'air entrant dans la cuve peut être régulé pour maintenir sensiblement constante la dépression dans le caisson. Cette régulation peut être réalisée directement à partir d'une mesure de pression dans le caisson. On notera que  
25 cette régulation est nécessaire, compte tenu du débit constant du groupe d'aspiration, pour maintenir constantes au cours de la découpe les conditions de circulation de l'eau de refroidissement dans la saignée découpée, malgré la variation de section ouverte du trait de coupe ou des trous réalisés dans la tôle, résultant de  
30 la progression de la coupe.

Selon un mode de régulation particulier, le réglage de l'ouverture de la vanne 30 sera effectué en fonction de la position du laser par rapport à la tôle grâce à une  
35 programmation préalable reliant cette position à la longueur linéaire du trait de coupe effectué, ou plus

généralement, à la section ouverte dans la tôle par la découpe.

Un procédé typique de réalisation d'une découpe se décompose en deux phases.

5 Une phase d'amorçage est effectuée préalablement à la découpe proprement dite. Au cours de cette phase, on réalise dans la tôle un trou d'amorçage de petit diamètre, par exemple de 0,5 à 0,6 mm. Pour cet amorçage, on remplace provisoirement la tête de découpe à laser CO<sub>2</sub>  
10 par un laser à impulsion, par exemple un laser Y.A.G. capable de fournir une énergie spécifique très importante ( $10^3$  à  $10^4$  J/cm<sup>2</sup>) avec une densité de puissance de  $10^7$  à  $10^8$  W/cm<sup>2</sup>, favorisant le perçage du trou d'amorçage en pleine tôle, en limitant l'échauffement de celle-ci. Cet  
15 amorçage pourrait également être réalisé au moyen d'un laser CO<sub>2</sub> en mode impulsif, mais on ne pourrait alors réaliser un trou d'aussi petit diamètre.

La phase de découpe est ensuite effectuée, à partir du trou d'amorçage, conformément au procédé selon  
20 l'invention. Pour le démarrage de la coupe, le groupe d'aspiration 25 étant en service et créant une dépression dans le caisson d'aspiration 20, on ouvre la vanne 30 pour obtenir la dépression requise dans le caisson, par exemple 0,5 bars, puis, au cours de la découpe, le  
25 dispositif de régulation referme alors progressivement cette vanne, en fonction de la pression mesurée dans le caisson ou de la longueur du trait de coupe réalisé, comme cela a été indiqué précédemment. A titre indicatif, la vitesse de coupe est de l'ordre de 0,7 m/min dans des  
30 tôles d'acier de 10 mm d'épaisseur, 0,5 m/min pour une épaisseur de 20 mm, et de 0,3 m/min pour des tôles de 25 mm.

Selon un mode de réalisation, particulièrement adapté lorsque l'on souhaite éviter de déplacer le  
35 caisson par rapport à la tôle, ce qui implique l'utilisation d'un caisson ayant une ouverture de grande

dimension, le dispositif comporte autour de la tête de découpe des masques de recouvrement du produit pour obturer les orifices ou traits de coupe déjà réalisés. Ce mode de réalisation permet de déplacer la tête de découpe, par rapport au caisson et à la tôle, sur de grandes distances, en limitant la section ouverte des traits de coupe ou orifices déjà réalisés dans la tôle, puisque toutes les découpes éloignées de la tête de coupe sont recouvertes par les dits masques. La figure 5 illustre schématiquement une telle réalisation, dans laquelle les masques sont constitués de tapis 40, par exemple en caoutchouc, qui s'enroulent ou se déroulent sur des tambours 41 liés à la tête de découpe 10 en fonction des déplacements de celle-ci.

Le dessin de la figure 6 illustre le domaine d'application du procédé selon l'invention en fonction de l'épaisseur du produit découpé. La courbe 60 établie expérimentalement, définit la dépression minimale requise (les valeurs indiquées en ordonnées sont les valeurs de pression absolue  $P$  sous la tôle, considérant que la pression au dessus de la tôle est la pression atmosphérique de 1 bar) en fonction de l'épaisseur  $e$  de la tôle. Le domaine hachuré situé sous cette courbe est le domaine de validité du procédé.

Une dépression de 0,5 bars donne les meilleurs résultats dans le cas d'une coupe d'acier d'épaisseur supérieure à 15 mm. Une dépression de 0,25 bars (soit une pression absolue de 0,75 bars) permet cependant de réaliser des trous de faible diamètre, par exemple 3 mm, dans une épaisseur d'acier de 10 mm.

Bien que la description qui précède ait été faite relativement à la découpe de tôles d'acier planes, le procédé selon l'invention s'applique également à la découpe dans d'autres produits non plans, tels que des pièces tubulaires ou de forme complexe. Il s'applique également à la découpe dans d'autres matériaux, tels que



15

aciers faiblement alliés, aciers au manganèse, aciers revêtus (par exemple tôle d'acier E36 de 8 mm d'épaisseur avec une couche de fonte au chrome de 5 mm), ou céramiques.

5

REVENDICATIONS

1) Procédé de découpe laser utilisant une tête de découpe comportant une source de rayon laser et une buse d'apport d'oxygène, caractérisé en ce que, en vue d'effectuer des découpes dans des produits épais en  
5 alliage fer-carbone ou céramique, on apporte sur la surface du produit à découper située du côté de la tête de découpe un fluide de refroidissement et on génère de l'autre côté du produit une dépression, par rapport à la pression existante du côté de la tête de découpe,  
10 supérieure ou égale à 0.25 bars.

2) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, pour un produit d'épaisseur supérieure à 10 mm, la dépression est supérieure ou égale à  $0,01 \times e + 0,15$   
15 où  $e$  est l'épaisseur du produit en mm.

3) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le laser est un laser à  $\text{CO}_2$  ou CO, ou YAG.

4) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le fluide de refroidissement est une solution ou  
20 une émulsion aqueuse.

5) Procédé selon l'une quelconque des  
25 revendications 1 à 4, caractérisé en ce que, préalablement à la découpe, on réalise un trou d'amorçage au moyen d'un laser à impulsion.

6) Dispositif de découpe laser pour la mise en  
30 oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comporte :  
- une tête de découpe (10) comportant une source de rayon laser et une buse d'apport d'oxygène (13),  
- un conduit (19) d'amenée d'un fluide de refroidissement

sur la surface du produit à découper, débouchant à côté de la tête de découpe,

- 5 - un caisson d'aspiration (20) relié à un groupe d'aspiration (25) et comportant une ouverture située en face de la tête de découpe et pourvue à sa périphérie d'un joint d'étanchéité (21) destiné à être placé contre la surface du produit (1) à découper opposée à la tête de découpe,
- 10 - des moyens de régulation de la dépression générée dans le dit caisson par le dit groupe d'aspiration pour maintenir la dite dépression à une valeur inférieure ou égale à 0.25 bars.

7) Dispositif de découpe laser selon la  
15 revendication 6, caractérisé en ce que les moyens de régulation de la dépression comportent une vanne de décharge (30) raccordée sur le caisson, pour mettre l'intérieur du caisson en communication avec l'atmosphère ambiante et des moyens de régulation de l'ouverture de la  
20 dite vanne de décharge en fonction de la section ouverte des orifices ou traits de coupe réalisés par la découpe dans le produit.

\* 8) Dispositif selon la revendication 6, caractérisé  
25 en ce que le caisson (20) comporte une vanne (29) d'entrée d'un fluide de refroidissement.

9) Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comporte autour de la tête de découpe des  
30 masques (40) de recouvrement du produit pour obturer les orifices ou traits de coupe déjà réalisés.

10) Application du procédé selon la revendication 1 à la découpe dans des produits épais d'orifices dont la  
35 section à une dimension inférieure ou égale à l'épaisseur du dit produit.

7/2

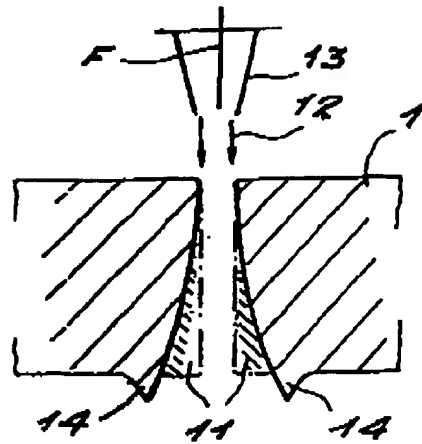


FIG. 1

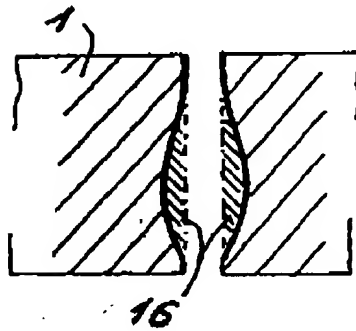


FIG. 2

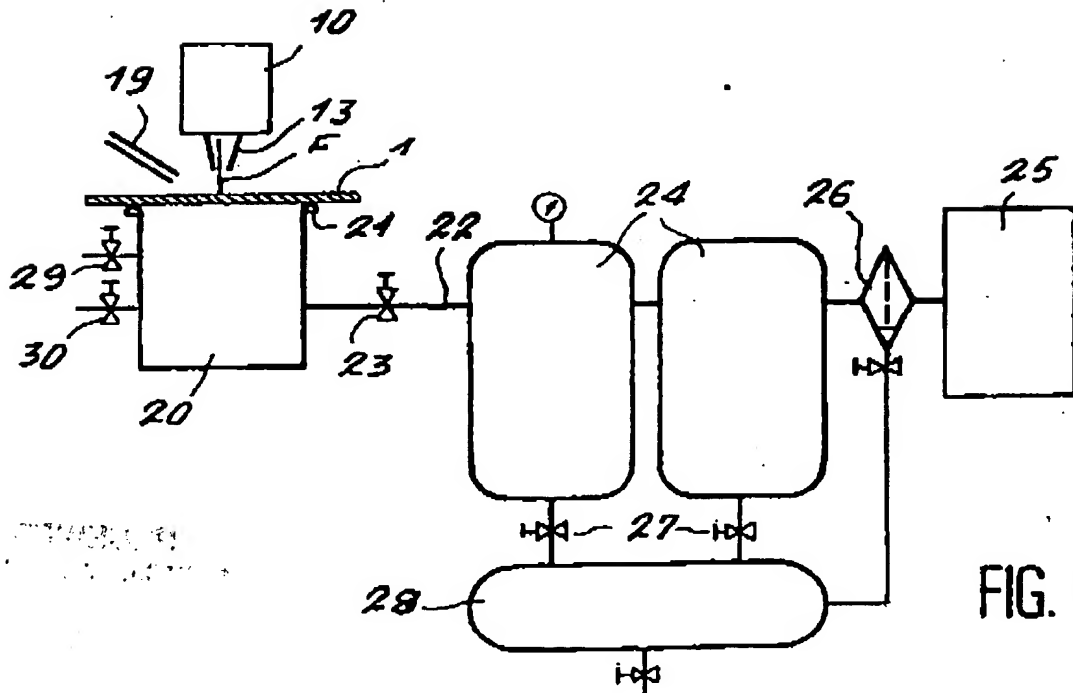


FIG. 3

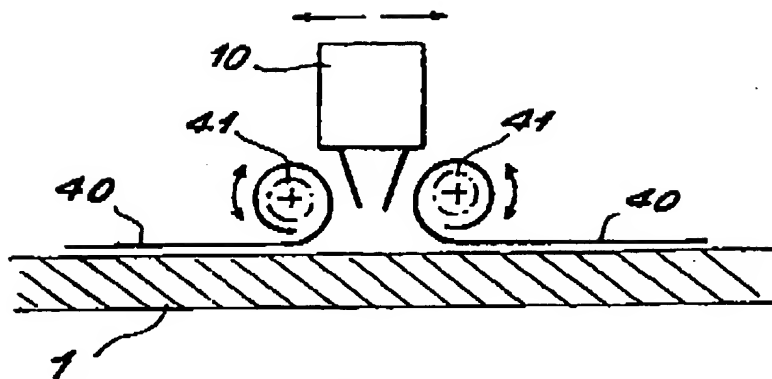


FIG. 4

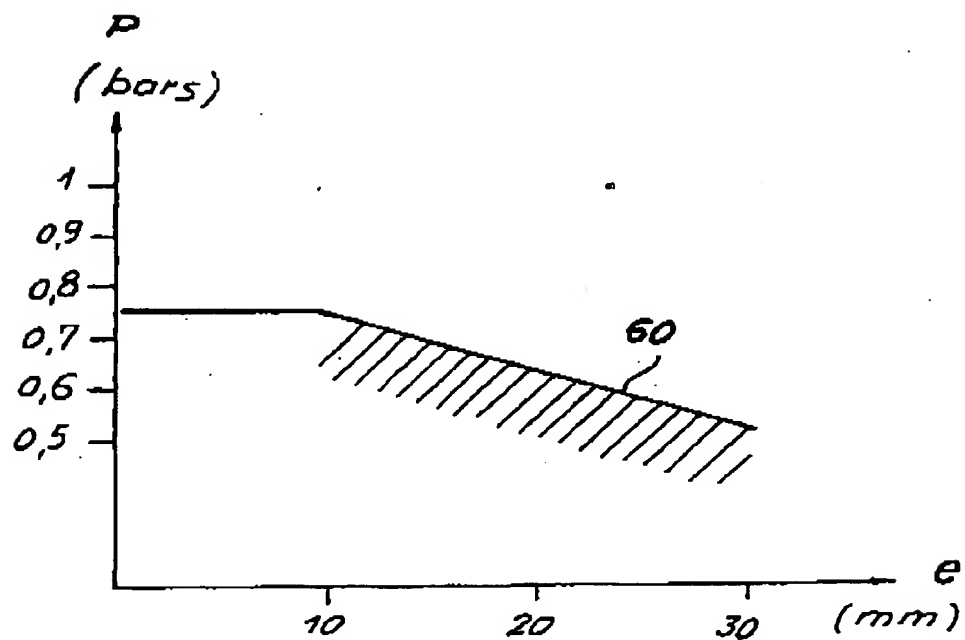


FIG. 5

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

FA 525143  
FR 9600177

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y	EP-A-0 432 521 (MESSER GRIESHEIM GMBH) * le document en entier *	1-7,9,10
Y	DE-A-40 21 407 (FRANZ KUHLMANN PRÄZISIONSMECHANIK UND MASCHINENBAU GMBH & CO KG) * revendications 1-12; figure 1 *	1-7,9,10
A	DE-U-92 01 827 (ROGL, KLAUS, DIPL.-ING.) * revendications 1-8; figure 1 *	1,8
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 9, no. 77 (M-369), 6 Avril 1985 & JP-A-59 206189 (TOSHIBA KK), 21 Novembre 1984, * abrégé *	1,8
A	US-A-4 002 877 (CONRAD M. BANAS) * le document en entier *	1-4
A	EP-A-0 458 182 (LINDE AKTIENGESELLSCHAFT) * colonne 1, ligne 1 - colonne 3, ligne 10; figure 2 *	1-4
A	US-A-5 164 567 (DONALD J. GETTEMY) * le document en entier *	1-4
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl. 6)
		B23K
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur
10 Septembre 1996		Cuny, J-M
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
<p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intermédiaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons d : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1503 DUK (P04.12)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**